

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1940

THÈSE

N°

287

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

André COLLARD

Né le 23 avril 1914, à Moux (Nièvre)
Ex-externe des Hôpitaux de Paris

L'ÉNERGAMÉTRIE

ET SON APPLICATION A L'EXPERTISE

DES ACCIDENTS DE TRAVAIL

Président : M. LAIGNEL-LAVASTINE, Professeur

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1940

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1940

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

André COLLARD

Né le 23 avril 1914, à Moux (Nièvre)
Ex-externe des Hôpitaux de Paris

L'ÉNERGAMÉTRIE

ET SON APPLICATION A L'EXPERTISE

DES ACCIDENTS DE TRAVAIL

Président : M. LAIGNEL-LAVASTINE, Professeur

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

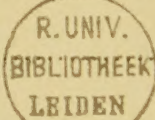
1940

DOYEN... TIFFENEAU

I. — PROFESSEURS

MM.

Anatomie	ROUVIÈRE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	POLONOVSKI.
Bactériologie	R. DEBRÉ.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	ABRAMI.
Pathologie chirurgicale	MONDOR.
Anatomie pathologique	LEROUX.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	HARVIER.
Hygiène et médecine préventive	TANON.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE
Pathologie expérimentale et comparée	FISSINGER.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CHIRAY.
Clinique médicale	LOEPER.
	CARNOT.
	CLERC.
	Marcel LABBÉ.
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBOULLET.
Clinique des maladies des enfants	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
	CUNÉO.
Clinique chirurgicale	GOSSET.
	GRÉGOIRE.
	LENORMANT.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique	CHEVASSU.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	JEANNIN.
	LEVY-SOLAL.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL.
Clinique propédeutique	Maurice VILLARET.
Clinique de la tuberculose	TROISIER.
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU.
Clinique de cardiologie	LAUBRY.
Clinique de neuro-chirurgie	Clovis VINCENT.
Assistance médico-sociale	N...
	HAZARD.
Professeurs sans chaire	HOVELACQUE.
	MULON.
	OLIVIER.
	SANNIÉ.
	VERNE.



II. — AGREGÉS EN EXERCICE

MM.

AMELINE	Pathologie chirurgicale.
BARIÉTY	Pathologie médicale.
BÉNARD (H.) ..	Pathologie médicale.
BERNARD (E.).	Pathologie médicale.
BESANÇON (J.).	Hydrologie.
BOULIN	Pathologie médicale.
BULLIARD	Histologie.
CATHALA	Pathologie médicale.
CHEVALLIER ..	Pathologie médicale.
COSTE	Pathologie médicale.
DOGNON	Physique.
FEY	Urologie.
FUNCK	Pathologie chirurgicale.
GALLIARD	Parasitologie.
GASTINEL	Bactériologie.
DE GAUDART D'ALLAINES..	Pathologie chirurgicale.
GAYET	Physiologie.
DE GENNES ...	Pathologie médicale.
GIROUD	Histologie.
HAGUENAU ...	Pathologie médicale.
HALPHEN	Oto-rhino-laryngologie.
HUGUENIN	Anatomie pathologique.
JOANNON	Hygiène.

MM.

LACOMME	Obstétrique.
LANTUÉJOUL ..	Obstétrique.
LAROCHE (G.)..	Pathologie médicale.
LAVIER	Parasitologie.
LELONG	Pathologie médicale.
LEMAIRE	Pathologie expérimentale.
LEVEUF	Pathologie chirurgicale.
M ^{lle} J. LÉVY....	Pharmacologie.
LÉVY-VALENSI.	Neurologie et Psychiatrie.
MÉNÉGAUX ...	Pathologie chirurgicale.
MOLLARET ...	Pathologie médicale.
MOREAU	Pathologie médicale.
MOULONGUET..	Pathologie chirurgicale.
MOUQUIN	Pathologie médicale.
PETIT-DUTAILLIS..	Pathologie chirurgi- cale.
PIÉDELIÈVRE ..	Médecine légale.
PORTES	Obstétrique.
RENARD	Ophthalmologie.
RICHET	Physiologie.
SÈNEQUE	Pathologie chirurgicale.
TURPIN	Pathologie médicale.
VIGNES	Obstétrique.
WILMOTH	Pathologie chirurgicale.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

ALGLAVE	Pathologie chirurgicale.
BUSQUET	Pharmacologie.
CHAILLEY-BERT..	Physiologie.
GUÉNIOT.....	Obstétrique.
HEITZ-BOYER...	Pathologie chirurgicale.

MM.

LARDENNOIS ...	Pathologie chirurgicale.
LE LORIER	Obstétrique.
NEVEU-LEMAIRE.	Parasitologie.
SCHWARTZ.....	Pathologie chirurgicale.
VAUDESCAL	Obstétrique.

IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
ALAJOUANINE.	}	BASSET.	}
AUBERTIN.		BROCQ.	
BRULÉ.		CADENAT.	
CHABROL.		GATELLIER.	
DONZELOT.		MOURE.	
DUVOIR.		QUENU.	
LIAN.		VELTER.	
VALLERY-RADOT			
(Pasteur).	Clinique médicale.		Clinique chirurgicale.
SÉZARY.			

MM.	}	
ÉCALLE.		Clinique obstétricale.
METZGER.		

V. — CHARGES DE COURS

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Éducation physique.
LEDOUX-LEBARD	Radiologie clinique.
RUPPE	Stomatologie.
WEIL-HALLÉ	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MES PARENTS

Faible témoignage de reconnaissance et d'affection filiales.

A MES SOEURS

A MON BEAU-FRÈRE

A MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LAIGNEL-LAVASTINE

Professeur de clinique des maladies mentales
Médecin des hôpitaux
Membre de l'Académie de médecine
Officier de la Légion d'honneur

*Qui nous a fait le grand honneur
de bien vouloir présider cette thèse.
Qu'il trouve ici l'expression de notre
respectueuse reconnaissance pour
l'enseignement qu'il nous donna.*

A MESSIEURS LES MEMBRES DU JURY

A MONSIEUR LE DOCTEUR BIDOU

Chef du Centre de Récupération fonctionnelle
des hôpitaux de Paris
Médecin en chef de l'Hôpital Sainte-Isabelle de Neuilly
Médecin-expert près le Tribunal de la Seine
Membre de la Société des Ingénieurs civils de France
Officier de la Légion d'honneur

*Qui nous a inspiré le sujet de cette
thèse.*

*Faible témoignage de notre fer-
vente admiration et de notre très
vive gratitude pour l'enseignement
si personnel qu'il nous dispense.*

A MES MAÎTRES DANS LES HÔPITAUX

Stages :

MONSIEUR LE PROFESSEUR DUVAL
MONSIEUR LE PROFESSEUR CARNOT
MONSIEUR LE DOCTEUR HALBRON

Externat :

MONSIEUR LE DOCTEUR CAPETTE
MONSIEUR LE DOCTEUR MADIER
MONSIEUR LE PROFESSEUR PASTEUR VALLERY-RADOT
MONSIEUR LE PROFESSEUR LAIGNEL-LAVASTINE
MONSIEUR LE DOCTEUR LEVANT
MONSIEUR LE DOCTEUR RENÉ BLOCH

L'ÉNERGAMÉTRIE

ET SON APPLICATION A L'EXPERTISE DES ACCIDENTS DE TRAVAIL

INTRODUCTION

La question des accidents de travail est une question d'actualité. Le développement de l'industrie, la mécanisation de plus en plus poussée du travail moderne rendent ces accidents chaque jour plus nombreux.

Déjà, en temps de paix, les statistiques des compagnies d'assurances nous apprenaient que, quotidiennement, en France, on avait à en déplorer le chiffre énorme de 7.000. Et, dans les circonstances tragiques que nous vivons actuellement, il faut sans aucun doute multiplier ce chiffre par le coefficient 2 ou 3 ; le manque d'éclairage imposé par la défense passive, le changement de production de la plupart des industries détruisant les habitudes de travail antérieures, la cadence plus rapide des chaînes, l'emploi accru de la main-d'œuvre féminine généralement moins vigoureuse et moins précise, sont autant de facteurs qui justifient ces pronostics.

Interne dans un hôpital spécialisé dans le traite-

ment de ces accidents, nous avons pu étudier nombre de blessés. La méthode de récupération fonctionnelle employée, pour grande que fût sa valeur, ne pouvait cependant prétendre obtenir dans tous les cas une guérison sans séquelles, une récupération totale, et il subsistait quelquefois une certaine impotence.

Nous avons été curieux de connaître comment, à la sortie de notre service, pouvait être évaluée cette impotence et, partant, l'incapacité de travail qu'elle entraîne.

C'est, en effet, un problème de la plus haute importance. De sa solution dépend l'indemnité prévue par le législateur pour compenser la diminution de la capacité ouvrière, et destinée, théoriquement du moins, à réparer le dommage économique subi. On comprend aisément que cette évaluation doive être faite au plus juste. Insuffisante, elle lèserait gravement l'intérêt de l'ouvrier et paraîtrait d'autant plus injuste que, loin de faire oublier le dommage physique et tous les inconvénients qui peuvent en découler, elle pourrait réduire toute une famille à la misère. Trop élevée, elle créerait une injustice pour l'employeur dont le budget risquerait de se trouver lourdement grevé par une rente qu'il ne devait pas.

La question d'arbitrage est donc des plus délicates, et nous étions fondés à croire que, étant donné son importance et le grand nombre des cas posés chaque jour, elle se résolvait d'après des données

solidement établies, et qu'une longue expérience avait engendré une méthode pour résoudre ce problème de façon quasi mathématique.

Le juge, en effet, demande à l'expert un chiffre, c'est-à-dire une réponse objective, et non une digression sur les inconvénients, qu'à ses yeux peut entraîner telle ou telle infirmité. Or, pour qu'une réponse soit vraiment objective et précise, elle ne saurait reposer que sur des bases scientifiques.

Aussi sommes-nous stupéfaits de voir qu'il n'en est rien. L'expert, pour guider son jugement, dispose, il est vrai, d'un barème qui prévoit les diverses éventualités ; mais ce barème, bien qu'établi par des médecins consciencieux et compétents, ne fait cependant que refléter des appréciations purement subjectives et n'est fondé que sur une vue de l'esprit. Les diverses révisions qu'il a subies attestent d'ailleurs de la fragilité de ses indications. La vérité n'est-elle pas une et intangible ?

Au reste, il s'agit d'un barème militaire qui vise à la réparation d'un dommage physique, ce qui ne correspond nullement à l'esprit de la loi de 1898, qui envisage, non le dommage physique, mais uniquement le dommage économique, lequel n'est pas forcément parallèle au premier. On conçoit donc la fausseté d'une telle situation, et l'on peut s'étonner de la voir durer si longtemps.

Pour appuyer un diagnostic difficile, le médecin a recours de façon courante à la radiographie ou aux examens de laboratoire.

Chaque branche de la médecine dispose actuellement de moyens d'investigation scientifiques et, de plus en plus, par une évolution normale et inéluctable, on voit la science se mettre au service de l'Art médical. Seul, le médecin expert reste noyé en plein empirisme.

Certes, il répond aux questions qui lui sont posées avec tout son bon sens et toute sa conscience. Mais est-il toujours bien sûr de donner un avis conforme à la vérité ? Ne craint-il jamais de sous-estimer une impotence, compromettant ainsi l'existence matérielle de tout un foyer ou d'être au contraire trop large, créant ainsi une autre injustice ? En pareille matière, la marge d'équité est étroite, et là, on ne saurait compter sur le secours de la Nature pour réparer l'erreur !

Quand il s'agit de fournir une réponse purement mathématique, de donner un chiffre précis, mieux vaut science que conscience.

Or, cette science existe, et, grâce aux travaux de notre Maître, le Docteur Bidou, vient combler d'heureuse façon une grave lacune médicale. Cette science, c'est l'Energamétrie.

Nous l'avons employée fréquemment au cours du traitement même des séquelles d'accidents de travail pour évaluer l'impotence résultant d'une blessure et suivre la récupération fonctionnelle du blessé. Nous pouvions ainsi contrôler les progrès réalisés et vérifier l'efficacité du traitement.

Et nous pensons que cette méthode s'applique de

façon parfaite à l'expertise des impotences permanentes partielles, séquelles d'accidents de travail.

C'est elle que nous allons maintenant exposer.

* * *

Le libre usage d'un membre peut être réduit de deux façons différentes :

- 1^o soit par la limitation de l'amplitude des mouvements, qu'il s'agisse d'arthrite traumatique, de blocage intra ou extra-articulaire, d'ankylose partielle ou totale ;
- 2^o soit par la diminution de la valeur énergétique des muscles chargés de mobiliser ses divers segments.

Il s'agit donc tout d'abord de chiffrer la valeur de cette limitation ou de cette diminution, et nous envisagerons successivement ces deux problèmes.

Mesure de l'angle décrit par un levier humain dans son déplacement

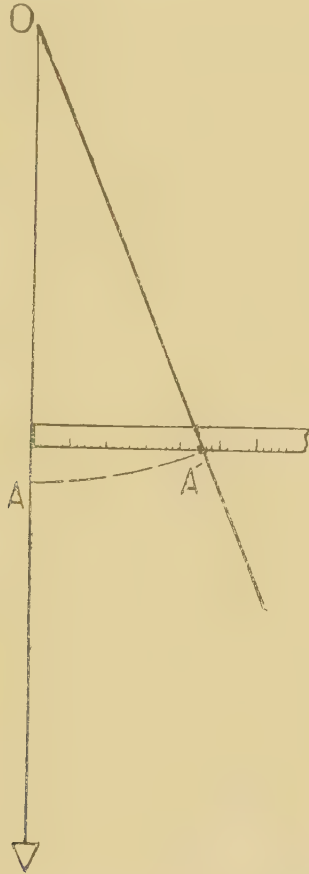
Cette mesure, étant le point de départ de tous les calculs ultérieurs, exige une grande précision. Les instruments créés à cet usage sont, ou trop encombrants et peu pratiques, ou imprécis. Aussi employons-nous une toute autre méthode, dont voici le principe exposé dans un exemple :

Supposons que nous voulions mesurer l'angle fait par le bras dans un mouvement d'abduction.

Traçons sur la peau un repère au niveau du milieu de l'acromion et, à 2 cm. $1/2$ plus bas, un second repère correspondant à l'axe de la tête humérale. De ce second repère, choisissons sur le bras une longueur à notre convenance qui va représenter la longueur du levier. Admettons que nous ayons choisi 20 cm. Il nous suffit maintenant d'avoir à notre disposition un fil à plomb et une réglette graduée ou un mètre rigide quelconque.

Plaçons le fil à plomb au repère supérieur O, en le maintenant de notre main gauche et demandons à notre sujet d'exécuter le mouvement d'abduction.

La marque que nous avons tracée sur le bras à



20 cm. de la tête humérale, représentée sur la figure par la lettre A, est venue en A'.

Prenons maintenant la réglette et plaçons-la horizontalement, au niveau du repère A', de façon

que l'extrémité O touche le fil à plomb. Il nous suffit de lire le chiffre de la graduation pour connaître la longueur du chemin parcouru ; ce serait, par exemple, 15 cm. pour un levier de 20 cm.

Pour traduire en degrés l'angle ainsi décrit, il n'y aurait qu'à reproduire sur le papier le triangle rectangle dont nous connaissons deux côtés, et de lire l'angle O au rapporteur.

Ce serait bien long et bien compliqué s'il n'existait un appareil permettant de reproduire instantanément cet angle et de le mesurer en même temps.

C'est le rapporteur à index, de notre maître, le Docteur Bidou.

Rapporteur à index.

Description. Utilisation.

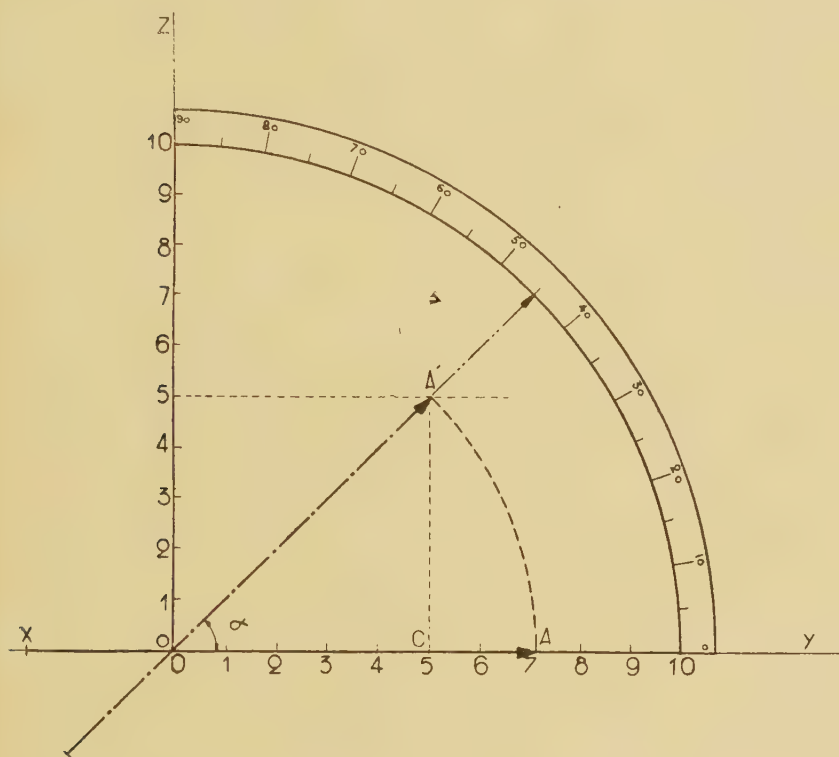
Cet appareil se compose d'une plaque métallique de 12 cm. sur 12 cm., portant un quadrillage en centimètres et en millimètres, et sur laquelle est fixé un rapporteur transparent.

Au centre de ce rapporteur se trouve une pièce oscillante percée selon son axe horizontal d'un trou dans la lumière duquel peut coulisser une aiguille.

C'est cette aiguille que nous allons faire pivoter et qui va reproduire à une plus petite échelle l'angle décrit par le levier humain.

Dans l'exemple précédent, le vecteur de 20 cm. mesuré sur le bras avait, au cours du mouvement d'abduction, parcouru un chemin de 15 cm.

Sur l'axe xy du rapporteur, nous faisons glisser l'aiguille jusqu'à ce que son extrémité affleure la division 20. Puis nous la faisons pivoter autour de O jusqu'à ce qu'elle vienne au contact de l'horizontale



passant par la division verticale 15 du quadrillage.
A ce moment, il suffira de pousser l'aiguille jusqu'à la graduation du rapporteur pour lire l'angle décrit : 48° .

La mesure des angles les plus divers devient donc extrêmement simple et rapide, avec un matériel très réduit.

II

Mesure de la valeur énergétique d'un groupe musculaire.

Cette mesure est l'énergamétrie proprement dite. C'est une méthode nouvelle d'évaluation quantitative de la valeur énergétique humaine, dans ses manifestations dynamiques. Elle est fondée sur les lois mêmes de la mécanique générale. Aussi rappellerons-nous successivement trois notions élémentaires de cette mécanique générale qui sont les trois caractéristiques principales du travail humain :

- 1^o le travail proprement dit, produit par un groupe musculaire synergique mobilisant un levier humain ;
- 2^o la puissance développée par ce groupe musculaire ;
- 3^o l'énergie potentielle qu'il renferme.

TRAVAIL

On sait que le travail d'une force est égal au produit de cette force par le déplacement de son point d'application selon son sens et sa direction.

Ce qui se traduit par la formule :

$$T = F.e$$

F étant la force ;

e le déplacement du point d'application de cette force.

Dans le cas d'un groupe musculaire déplaçant un levier humain, le travail fourni est égal au poids du membre, multiplié par la longueur du déplacement de son centre de gravité suivant la verticale.

Mais, étant donné qu'il est difficile d'une part d'établir le point où se trouve le centre de gravité, d'autre part de connaître le poids du membre, il faut tourner la difficulté.

Pour cela, opérons de la façon suivante :

Remarquons tout d'abord que le membre humain peut être assimilé à un levier qui oscillerait autour de son axe articulaire. Notons également que ce serait une erreur grossière de prendre pour valeur « poids du membre » celui de ce membre considéré anatomiquement. Le fait que le membre est attaché au corps et y prend point d'appui est un facteur d'une grande importance et qui doit figurer dans le calcul.

Plaçons donc l'extrémité de ce levier sur un dynamomètre. L'équilibre sera acquis lorsque la force pesante du membre, agissant au niveau de son centre de gravité, sera compensée par la force réactionnelle du dynamomètre placé à l'extrémité, par exemple sous le talon du sujet, s'il s'agit du membre inférieur.

Nous pourrions démontrer que le travail cherché est numériquement égal au produit de l'indication du dynamomètre par le déplacement vertical du talon.

Et nous appellerons l'indication numérique que donne le dynamomètre : équivalence du poids du membre.

Mais il est des cas où la mesure de l'équivalence par le dynamomètre est rendue difficile, du fait de l'impossibilité pratique d'obtenir la résolution musculaire chez certains sujets, ou du fait qu'il est parfois quasi impossible de maintenir le membre en équilibre sur le dynamomètre.

C'est pourquoi, après avoir étudié le poids réel des différents segments humains et la position respective de leurs centres de gravité, notre maître, le Docteur Bidou, a établi, par le calcul, une table donnant les équivalences de ces différents segments, en fonction du poids total du corps.

Il suffit donc de connaître le poids total du sujet et de se référer à la Table des équivalences.

TABLE DES ÉQUIVALENCES DU POIDS DES MEMBRES.

Poids du corps	Membre inférieur	Jambe et pied	Membre supérieur	Avant-bras
20	1,59	0,816	0,595	0,35
25	1,99	1,02	0,745	0,44
30	2,38	1,22	0,895	0,53
35	2,78	1,43	1,04	0,615
40	3,18	1,63	1,19	0,7
45	3,58	1,84	1,34	0,79
50	3,98	2,04	1,49	0,88
55	4,37	2,24	1,64	0,97
60	4,77	2,45	1,79	1,05
65	5,17	2,65	1,94	1,14
70	5,56	2,86	2,08	1,23
75	5,96	3,06	2,23	1,32
80	6,36	3,26	2,38	1,41
85	6,75	3,46	2,54	1,5

Appliquons ces connaissances à un exemple :

Supposons que nous cherchions à évaluer le travail fourni par les muscles fléchisseurs du membre inférieur.

Le sujet étant étendu en décubitus dorsal sur une table (l'équivalence du poids du membre aura été reconnue égale à 3 kgr.) exécutera le mouvement de flexion. Admettons que le chemin parcouru soit égal à 0 m. 40. Nous disons, en application de la formule :

$$T = F. e$$

$$T = 3 \text{ kgr.} \times 0 \text{ m. } 40 = 1,20 \text{ kilogrammètre.}$$

Cherchons maintenant à évaluer le travail fourni par le membre inférieur dans la station verticale, en attitude de marche.

La formule ne change pas. Le travail est toujours, en effet, le produit de l'équivalence du poids du

membre par le déplacement vertical du talon. Mais si, dans le décubitus dorsal, ce déplacement atteint une longueur de 0 m. 40, par exemple, dans la station debout le déplacement vertical du talon est beaucoup moindre. C'est simplement la distance verticale qui sépare le talon du sol et, pour un levier de 0 m. 90, ce serait une hauteur de 0 m. 08.

Dans ces conditions :

$$T = 3 \text{ kgr.} \times 0 \text{ m. } 08 = 0,24 \text{ kilogrammètre.}$$

On comprend ainsi, par la comparaison de ces deux chiffres, qu'il est beaucoup plus facile d'avancer la jambe pour faire un pas que de la soulever au-dessus du plan du lit. Ce qui explique que certains parétiques inférieurs, examinés cliniquement sur une table ou sur un lit, semblent accuser une déficience telle que la marche doive être impossible, et, qu'à l'encontre de ce que l'observateur a noté, ce malade soit capable de marcher.

On voit aussi par cet exemple que, à égalité de force vaincue, le travail est proportionnel à la grandeur du chemin parcouru. Et l'on comprend aisément que, à égalité de chemin parcouru, le travail est proportionnel à la grandeur de la résistance vaincue.

ÉNERGIE POTENTIELLE

Si l'on multiplie le travail dépensé pour exécuter un mouvement déterminé par le nombre maximum de mouvements dont est capable le groupe musculaire intéressé, on obtient une certaine quantité d'énergie : c'est « l'énergie potentielle » du groupe musculaire, que l'on peut traduire par la formule :

$$E = T \times n$$

Travail Nombre de mouvements

C'est en réalité la notion qui intéresse le plus le médecin. Mais il ne peut l'évaluer qu'après avoir calculé auparavant le travail effectué. On pourrait dire que, si le travail représente la quantité, l'énergie potentielle représente l'état de fortune dont dispose le groupe musculaire.

Supposons que nous demandions à un sujet de soulever un poids de 5 kgr. autant de fois qu'il le pourra. Si, à chaque mouvement, il soulève ce poids à 1 m. de hauteur, il fournira un travail de 5 kilogrammètres. C'est la notion de travail que nous connaissons. Mais nous verrons, au nombre de mouvements qu'il va exécuter, en supposant qu'il le fasse consciencieusement jusqu'à épuisement de ses forces, combien il avait de puissance emmagasinée dans ses muscles.

Si notre sujet a levé 40 fois le poids, nous disons

que l'énergie potentielle contenue dans ses muscles et qu'il a dépensée jusqu'au bout était de :

$$E = 40 \times 5 \text{ kgm.} = 200 \text{ kgm.}$$

Telle est la deuxième notion fondamentale du travail humain.

Il est bien évident que l'énergie potentielle d'un groupe musculaire n'a pas une valeur aussi bien déterminée que celle d'une masse d'eau ou d'un condensateur chargé.

Les phénomènes de la nutrition générale apportent constamment de l'énergie aux muscles en action. Théoriquement, à la condition que la dépense occasionnée soit inférieure à la récupération énergétique, ils pourraient donc répéter indéfiniment le mouvement.

Si, au contraire, l'énergie demandée est supérieure à l'énergie reçue, le groupe musculaire s'épuise et exige le repos au bout d'un nombre de mouvements d'autant plus petit que le rapport : $\frac{\text{énergie dépensée}}{\text{énergie reçue}}$ est plus grand.

L'énergie potentielle d'un groupe musculaire déterminé ne peut donc pas être établie d'une façon absolue. Mais en tenant compte de diverses conditions particulières pour la mesure : âge, profession, état de déficience plus ou moins accentuée, elle est cependant d'une précision relative suffisante.

Une de ces conditions les plus importantes pour obtenir un résultat valable est de respecter la finalité du muscle.

FINALITÉ DU MUSCLE

L'équivalence du poids du membre n'est pas le seul facteur qui doive entrer dans le calcul de F (force pesante du segment à mobiliser).

En effet, pour énergamétrer un groupe musculaire, on doit opposer à sa puissance une certaine résistance extérieure, en rapport avec sa finalité.

Chaque groupe musculaire ayant un rôle particulier à exercer dans le jeu du mécanisme humain, on doit étudier sa valeur énergétique selon le rôle qui lui est assigné. Considérons que la nature n'a pas fourni ces différents groupes dans des conditions identiques. Les fléchisseurs de l'avant-bras, par exemple, contiennent une énergie supérieure à celle qui est nécessaire pour la seule flexion du levier avant-bras dont l'équivalence de poids est minime. Cela se conçoit aisément puisque ces muscles doivent pouvoir fournir des valeurs énergétiques très variées, en rapport avec les besoins professionnels de l'individu.

En revanche, les extenseurs du pied ne sont chargés que de soulever le poids total du corps, effort considérable en lui-même et qui se renouvelle à chaque pas.

De cette remarque il résulte que, si pour énergamétrer un groupe musculaire il faut opposer à sa puissance une résistance extérieure sous forme d'un

poids, on ne doit pas évaluer cette résistance au hasard, mais l'établir par rapport à la finalité de ce groupe musculaire.

L'expérience a montré que, pour rester dans les conditions physiologiques du travail musculaire, les charges étaient les suivantes (sous réserve naturellement de modalités d'espèce) :

Fléchisseurs du bras.....	3-5 kgr.
Fléchisseurs de l'avant-bras	3-5 —
Fléchisseurs de la main.....	2-4 —
Abducteurs du bras	3-5 —
Pronateurs et supinateurs.....	2-4 —
Fléchisseurs du membre inférieur.....	0,750-2 —
Fléchisseurs de la jambe.....	3-5 —
Fléchisseurs du pied.....	8-12 —
Rotateurs du membre inférieur.....	5 —
Extenseurs de la jambe.....	4-6 —

L'idée de rechercher la valeur d'un groupe musculaire en opposant à sa puissance une charge quelconque est une erreur.

Un enfant peut lever un poids de n kilogrammes ; un athlète également. Mais le premier videra tout de suite ses réserves d'énergie, sans que la mesure de cette défense soit indicatrice de l'énergie potentielle vraie.

L'athlète, au contraire, n'aura demandé à ses réserves qu'une dépense infime et pourra renouveler un grand nombre de fois le même effort, déterminant ainsi une fatigue articulaire par frottements, avant d'épuiser sa valeur énergétique.

Une expérience, faite dans ces conditions, est

faussée dans ces résultats, dans un cas comme dans l'autre. La finalité physiologique du muscle exige qu'on la respecte.

Remarquons également qu'il y a lieu de considérer la valeur du muscle en fonction de son volume. Les chiffres que nous donnons comme valeurs des charges de résistance n'ont rien d'absolu et ne peuvent fournir qu'un ordre de grandeur.

Les expériences de mesure du travail humain, faites sans la connaissance de la finalité du muscle et sans le respect de cette loi physiologique, sont entachées d'erreur et n'ont droit à aucune considération scientifique et pratique.

On raisonne faux lorsqu'on croit pouvoir se rendre compte de la valeur énergétique d'un groupe musculaire en le chargeant de plus en plus jusqu'à la limite extrême de son pouvoir, et en prenant la charge ultime comme indice de travail.

Un accumulateur peut fournir momentanément une décharge considérable, un muscle développer pendant quelques instants une puissance inhabituelle. Mais, de même qu'on ne mesure pas la capacité de l'un en le mettant en court-circuit, de même on ne saurait évaluer celle de l'autre en lui demandant un effort limite. On aboutirait dans ces conditions à une rapide mise hors d'usage de l'un comme de l'autre sans avoir pu apprécier leurs réserves.

ÉNERGAMÈTRE DU DOCTEUR BIDOU

L'énergamètre se compose essentiellement d'un bâti métallique en forme de trapèze. Un chariot spécial permet de soulever l'appareil, de le libérer de son adhérence au sol ou de l'appuyer à terre, à volonté. On peut donc déplacer l'énergamètre avec une grande facilité et l'amener au point voulu, à côté d'une table d'examen, d'un lit.

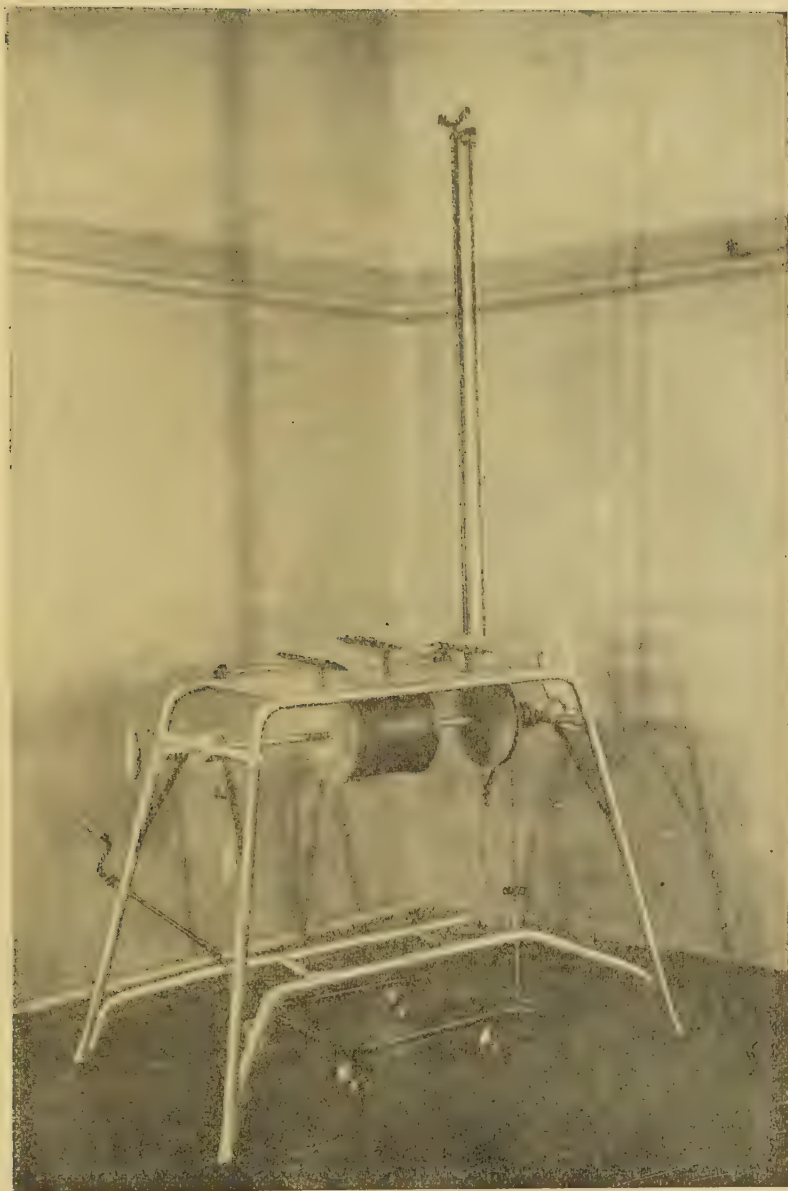
La partie supérieure de ce trapèze comporte un plateau métallique sur lequel sont disposées 3 gouttières destinées à recevoir les membres. Sur un des côtés du plateau se dresse un tube vertical, à l'intérieur duquel se déplace l'index des hauteurs de chemin parcouru par les membres dans leurs déplacements au cours des examens énergamétriques.

Sur le plateau supérieur et selon la plus grande longueur de l'appareil est un axe en acier monté sur roulements à billes.

Cet axe supporte les dispositifs mécaniques suivants :

a) à son extrémité droite, une poulie sur laquelle s'enroule le câble qui supporte la charge de résistance ;

b) à son extrémité gauche et symétriquement à la précédente, une autre poulie de même diamètre sur laquelle s'enroule, en sens opposé, le câble qui supporte le contre-poids d'équilibre du système ;



N. B. — Les clichés illustrant cette thèse nous ont été obligeamment prêtés par la Maison Firmin-Didot, éditeurs du livre du Docteur Bidou, *Travail humain et récupération fonctionnelle*.

c) entre ces poulies et pouvant se déplacer le long de l'axe, le tambour sur lequel est enroulé le filin qui relie le membre du patient à l'énergamètre ;

d) en dessous de la colonne de l'index précédemment décrite, une dernière poulie du même diamètre que celui du tambour entraîneur, sur la gorge de laquelle s'enroule le fil qui commande l'index. Ce fil monte extérieurement le long du tube et descend dans sa lumière pour supporter l'index.

Les 2 bouts de l'axe, qui dépassent de chaque côté du bâti, sont préparés de façon à recevoir les ajustages de pronation et de supination, rotation de la hanche, flexion et extension du pied.

A chacun de ces ajustages correspond une tare qui est ajoutée au contre-poids d'équilibre.

TABLE D'EXAMEN

Pour que les indications fournies par l'énergamètre soient valables, il faut que les mesures aient été exécutées dans les conditions physiologiques normales, conditions qui ne peuvent être réalisées que si le groupe musculaire étudié est bien le seul mis en action pour le déplacement du membre sans appoint ou freinage des groupes voisins.

Il faut également que la position du patient soit telle qu'elle lui assure toute liberté d'exécution du mouvement. Un travail musculaire exécuté en contrainte est un travail limité.

Pour nous placer dans les meilleures conditions d'expériences possibles, nous procédons aux mesures énergamétriques, le malade placé sur une table spécialement établie pour cela.

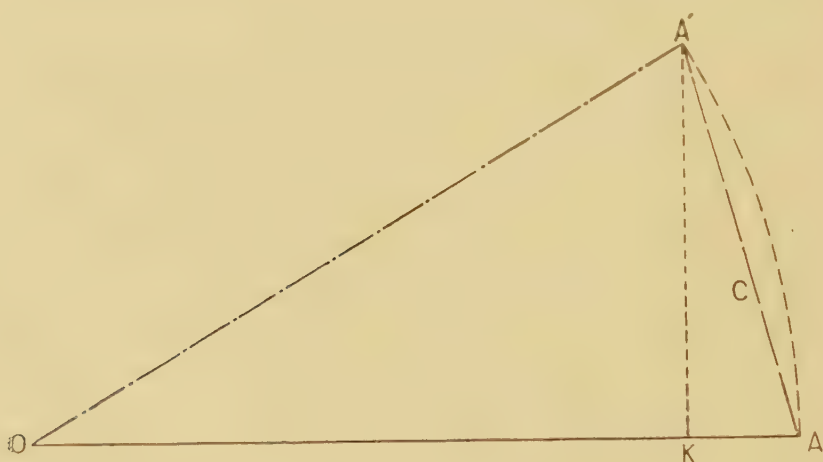
Cette table se compose d'un cadre rectangulaire en tubes métalliques assemblés. Trois plateaux de bois constituent, par leur juxtaposition sur la partie supérieure du cadre, une vraie table.

Ils peuvent être interchangeés, d'un encadrement à l'autre. Trois gouttières mobiles, placées à une extrémité, complètent l'installation. Elles peuvent, si besoin est, soutenir un segment de membre, contribuant ainsi à donner au sujet une position plus confortable.

Evaluation du chemin vertical parcouru
par l'extrémité d'un levier-membre
dans son déplacement connaissant la corde
de l'arc de cercle décrit.

Pour établir les mesures énergamétriques des efforts de flexion ou d'extension ou d'abduction des leviers-membres, il est nécessaire de fixer à l'extrémité du membre, un filin qui se termine au dispositif d'entraînement.

Le membre, dans son déplacement $A A'$, décrit un



arc de cercle, et le filin sous-tend cet arc. La longueur du filin déroulé représente la corde C de cet arc.

De la connaissance de cette corde, nous devons déduire la hauteur du chemin parcouru par le levier, soit $A' K$.

Pour cela, nous mesurons la longueur du membre et nous obtenons les éléments nécessaires à la détermination de $A'K$, soit par le calcul, soit graphiquement.

Pour mettre à la portée des cliniciens ou des experts un procédé rapide d'évaluation de la hauteur du chemin parcouru, notre Maître, le Docteur Bidou, a établi un graphique qui, lorsqu'on connaît la longueur du levier permet de lire aussitôt la longueur de ce chemin vertical d'après celle de la corde, chiffre que donne l'énergamètre.



PUISSANCE MUSCULAIRE

Avant d'envisager les applications pratiques de l'Energamétrie, nous devons étudier le facteur temps qui modifie souvent, dans une large mesure, la valeur des conditions du travail.

On comprend aisément qu'il n'est pas indifférent qu'un mouvement se fasse en $1/5^e$ de seconde ou en 1 minute.

La puissance musculaire développée pour fournir un travail est égal au travail fourni, divisé par le temps employé à son exécution.

Ce qui se traduit par la formule :

$$W = \frac{T}{t}$$

W étant la puissance ;

T le travail ;

t le temps.

Supposons que plusieurs individus soient appelés à fournir un même travail : levée d'un poids à une hauteur déterminée. Tous exécutent le même travail. Mais certains le font en $1/5^e$ de seconde par exemple, d'autres en 2 secondes.

Les premiers développent une puissance :

$$W = \frac{3 \text{ kgm.}}{1/5^e} = 0,15 \text{ kgm./sec.}$$

et les seconds :

$$W = \frac{3 \text{ kgm.}}{2} = 1,5 \text{ kgm./sec.}$$

Il s'ensuit que ces derniers doivent vider de la force pendant les 2 secondes que dure l'effort, alors que les premiers ne le font que pendant $1/5^e$ de seconde. Les premiers ont donc moins épuisé leurs réserves tout en fournissant le même travail.

On comprend par cet exemple que les résistances à opposer au travail d'un groupe musculaire déterminé ne puissent pas être prises au hasard. On conçoit que différents sujets ne sont pas de force identique et que, dans ces conditions, la puissance qu'ils doivent développer pour produire un même travail peut être trop forte ou trop petite pour leurs disponibilités personnelles.

Cela revient à dire, pour appuyer sur une vérité première trop souvent méconnue, qu'il ne faut jamais demander à un muscle ce qu'il ne peut fournir et que, dans les mesures énergamétriques, il faut toujours tenir compte de la finalité musculaire.

Indice de fatigabilité.

Pour un sujet normal, la puissance développée à l'occasion d'un effort déterminé est fixe et doit, par conséquent, se retrouver toujours égale, dans les mêmes conditions, à des temps différents, pourvu toutefois qu'aucune modification ne se soit produite dans la valeur énergétique de l'individu.

Toute modification de la puissance est une indication qui a sa valeur pour l'étude du travail humain. Elle conditionne l'état de fatigabilité du

sujet et, à ce titre, il est permis de dire que la variation de la puissance musculaire en constitue un indice.

Si nous considérons que le temps mis pour exécuter un mouvement, ajouté à celui du repos qui sépare le mouvement du suivant, constitue une période complète, nous voyons que la période, constante pour les premiers mouvements, s'allonge quand la fatigue apparaît. Et si nous regardons de près, nous voyons que le temps de travail n'a pas changé, mais que celui du repos est devenu plus long.

Le moment où la période change constitue un indice de fatigabilité.

L'intérêt de cette considération est de permettre, à des époques différentes, de se rendre compte des progrès réalisés par le malade dans un sens ou dans l'autre, au cours d'un traitement ou d'une mise en observation. Il est utile que le médecin sache que l'indice de fatigabilité est apparu au 10^e mouvement, par exemple, à telle date, et de noter plus tard, à l'occasion d'une autre prise de mesures énergamétriques, que c'est au 15^e mouvement seulement que se manifeste le ralentissement du rythme.

C'est une preuve que le traitement suivi donne un bon résultat et que la récupération musculaire se fait d'une façon heureuse.

Si, au contraire, on remarquait que l'indice de fatigabilité apparaissait au 7^e mouvement, ce serait un renseignement clinique d'une grande valeur au point de vue de l'épuisement musculaire.

Au cours d'un entraînement de culture physique, il peut être intéressant de chercher de temps en temps l'indice de fatigabilité, de façon que le moniteur soit averti de la bonne progression de son entraînement, ou au contraire d'une déperdition énergétique d'un groupe surmené ou mal éduqué.

C'est là une pierre de touche qui permettra de mener à bien le travail d'un athlète, ou plus simplement, l'éducation physique des jeunes gens.

Enfin, si, dans certains cas, on peut espérer obtenir la récupération d'une musculature parésiée, la mesure fréquente de la puissance constituera un guide sûr et indispensable dans l'ordonnance d'un régime musculaire délicat.

LA MESURE ÉNERGAMÉTRIQUE

Après avoir étudié dans les chapitres précédents les notions de travail, d'énergie potentielle et de puissance musculaire, après avoir exposé les principes de l'énergamétrie, voyons maintenant comment il faut procéder pratiquement à une mesure énergamétrique.

Pour cela, nous choisirons deux cas caractéristiques :

- 1^o énergamétrie des fléchisseurs de l'avant-bras ;
- 2^o énergamétrie des supinateurs.

I. — ÉNERGAMÉTRIE DES FLÉCHISSEURS DE L'AVANT-BRAS.

Le sujet est couché en décubitus dorsal sur la table d'examen. La face postérieure de son avant-bras est munie d'une gouttière en aluminium, à laquelle vient se fixer le filin de traction de la résistance. On placera sous le bras un bloc de liège, taillé en pente d'avant en arrière, la partie la plus élevée étant placée au niveau du coude et l'autre extrémité venant s'engager sous l'articulation humérale. De cette façon, l'horizontalité du levier avant-bras sera assurée, et les mesures angulaires que l'on désirerait relever au cours de l'examen seront calculées par rapport à l'horizontale.

L'énergamètre est amené à sa place.

On cherchera sur les graphiques de quel poids il faut charger le plateau de la résistance. Supposons que ce soit 3 kgr. 500.

On les placera sur le plateau. On mesurera la longueur de l'avant-bras.



On inscrira l'équivalence du poids du membre.

Admettons que l'on trouve pour le sujet à énergamétrer un poids total de 80 kgr. pour une taille de 1 m. 75, et que la longueur de l'avant-bras corresponde à 0 m. 38, que l'équivalence du poids soit égale à 1 kgr. 500.

On note ces chiffres sur la fiche énergamétrique.

On fixe le filin de la charge de résistance à l'attache de la gouttière d'avant-bras, en ayant soin de le faire passer en réflexion sur la gorge d'une poulie qui se trouve placée en bout de la main du sujet. On commence l'expérience et on déclenche le chronomètre.

Le sujet exécute donc la flexion de l'avant-bras sur le bras, à un rythme personnel, qui correspond généralement à 1 seconde par mouvement.

L'observateur lit le chemin parcouru par l'index et l'inscrit à chaque mouvement.

Le dernier mouvement terminé, la fatigue intense ne permettant plus au sujet de continuer, on arrête le chronomètre et l'on procède aux calculs.

Nous avons noté que le sujet a exécuté 42 mouvements et que le chemin parcouru moyen a été de 0 m. 36, dans un temps de 42 secondes. Les calculs vont nous donner :

$$\begin{array}{ll}
 \text{Travail} & = F.e \quad 3 \text{ kgr.} \times 0 \text{ m. } 36 = 1,25 \text{ kgm.} \\
 \text{Energie potentielle} & = T.n \quad 1 \text{ kgm. } 25 \times 42 = 52 \text{ kgm.} \\
 \text{Puissance} & = \frac{T}{t} \quad 52 \text{ kgm.} : 42 = 1,25 \text{ kgm./sec.}
 \end{array}$$

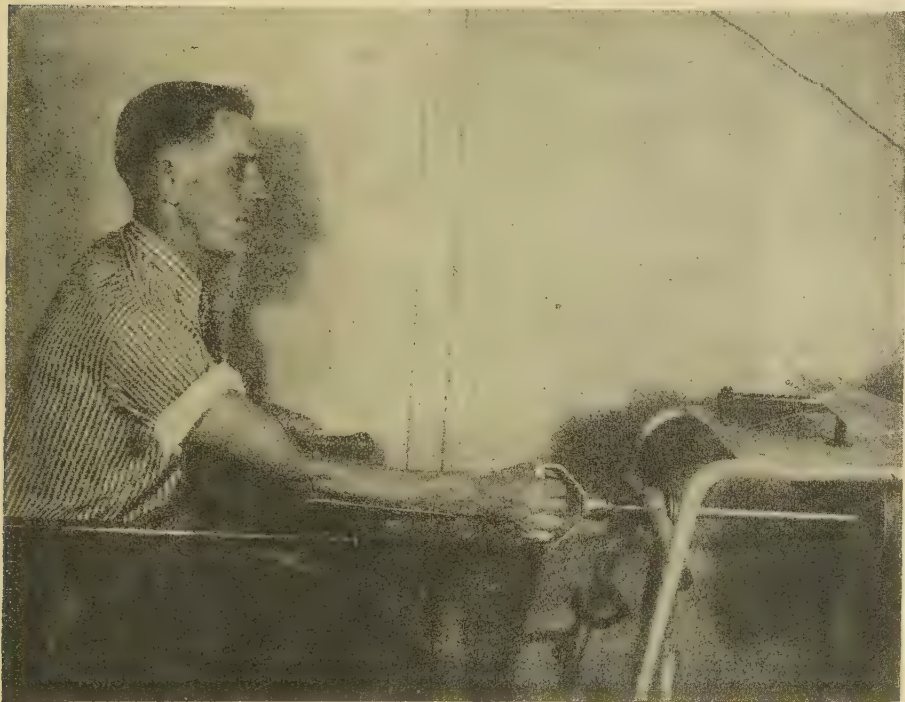
II. — ENERGAMÉTRIE DES SUPINATEURS.

Le sujet s'assoit sur le siège bas de la table, de façon que son avant-bras repose normalement dans la gouttière support et que le poignet soit bien dans le prolongement de la poignée de l'appareil.

L'énergamètre est tourné de façon à se présenter

par sa face latérale, donc perpendiculairement à la table, la poignée étant fixée en bout de l'axe des tambours.

On charge le plateau des poids de la résistance voulue. Dans le cas présent, ce sera 2 kgr. Le sujet



saisit la poignée et commence la série des mouvements de supination. L'observateur a déclenché le chronomètre et n'a plus qu'à lire sur la règle graduée le chemin parcouru en centimètres.

Le patient à bout de forces s'arrête. On note les résultats suivants :

Nombre de mouvements	68
Chemin parcouru moyen.....	0 m. 15
Temps moyen pour un mouvement.....	1 sec. 5
Poids de charge.....	3 kgr.

Mais ici le mouvement décrit est un mouvement circulaire. Par conséquent il y a lieu de noter non des centimètres, mais des degrés. Sachant que le diamètre du tambour d'enroulement est de 20 cm. la conversion serait facile à faire. Mais là encore un tableau dispense le médecin de ces calculs. C'est ainsi que nous y lisons qu'un chemin de 15 cm. parcouru par l'index de l'appareil correspond à un angle de 85°.

Et nous disons :

<i>Travail</i>	=	2 kgr. × 0 m. 15	=	0,30 kgm.
<i>Energie potentielle</i>	=	0 kgm. 30 × 68	=	20,5 kgm.
<i>Puissance</i>	=	0 kgm. 30 : 1 sec. 5	=	0,2 kgm./sec.

ÉVALUATION DE LA DÉFICIENCE FONCTIONNELLE

La méthode énergamétrique que nous venons d'exposer nous a permis de chiffrer avec précision la valeur énergétique d'un membre, que celui-ci soit indemne ou fonctionnellement lésé.

Cette donnée va nous rendre possible maintenant l'évaluation d'une déficience fonctionnelle, avec toute l'objectivité et l'exactitude que lui assurent des bases mathématiques.

Pour cela, on procédera de la façon suivante :

Nous admettrons tout d'abord que chacun de nous doit être considéré dans son individualité, selon sa profession, son âge, ses qualités personnelles et ses aptitudes physiques.

On ne peut donc pas établir de lois universelles régissant les conditions de travail d'un groupe musculaire déterminé. C'est là une vérité que la méthode d'énergamétrie n'a jamais prétendu contredire et dont, au contraire, elle tient compte au premier chef.

C'est ainsi par exemple qu'un sujet A présentera une énergie potentielle de tel groupe musculaire égale à 250 kgm., tandis qu'un autre sujet B, qui exerce la même profession, présentera, pour le même groupe musculaire, une énergie égale à 350 kgm.

Ces valeurs constituent, pour chacun d'eux, leur maximum d'énergie potentielle. Aussi, pour faire image, disons-nous que c'est leur 100 %.

Si donc le 100 % du sujet équivaut à 250 kgm., nous pourrions dire que, dans le cas où nous aurions à énergamétrer le membre symétrique soupçonné de déficience, nous devrions prendre cette source comme base de comparaison.

Précisons par un exemple.

Soit à évaluer le taux de déficience du groupe extenseur de la jambe droite sur la cuisse. Après avoir énergamétré le quadriceps gauche et avoir constaté que son énergie potentielle était égale à 98 kgm. — ce que nous considérons comme son 100 % — nous avons procédé aux mêmes recherches pour le membre déficient et avons constaté que l'énergie potentielle était égale à 55 kgm.

Faisons alors le raisonnement suivant :

Si	98 kgm.	représentent	100 %
	1 kgm.	représente	$\frac{100}{98}$ %
et	55 kgm.	représentent	$\frac{100 \times 55}{98} = 56$ %

Ce qui veut dire que le quadriceps droit n'a plus comme valeur disponible que 56 % et que par conséquent il a perdu 44 %.

FORMULE DE DÉFICIENCE.

Ce calcul peut se résumer dans la formule suivante, qui est la « formule de déficience » :

$$\theta = 100 - \left(\frac{100 \cdot E}{N} \right) \%$$

dans laquelle :

θ est le taux de la déficience ;

E, l'énergie potentielle restante constatée par l'énergamétrie ;

N, l'énergie potentielle normale.

Grâce à cette formule, il devient possible de connaître, avec une exactitude compatible avec les recherches cliniques, l'importance de la déficience dont est victime un groupe musculaire.

Déficience fonctionnelle par limitation du jeu articulaire.

La méthode d'énergamétrie ne s'adresse pas seulement aux déficiences d'origine musculaire et son champ d'investigation n'est pas limité aux seules parésies et atonies.

Les bases mêmes de la méthode permettent d'obtenir l'évaluation de toute déficience dynamique des leviers humains, qu'elle soit la conséquence d'une ankylose partielle ou totale, d'une raideur articulaire, d'une arthrite traumatique, etc.

Dans la formule du travail : $T = F \cdot e$ le facteur F, force pesante du membre et de sa charge, a toujours la même valeur, quelle que soit la grandeur du déplacement du membre. Que ce levier ne puisse être manœuvré que dans des limites restreintes

parce que les commandes sont déficientes ou parce que les articulations sont plus ou moins bloquées, peu importe. De toutes façons, son poids ne change pas.

Quant au facteur e (chemin parcouru), peu nous importe également que sa longueur soit limitée pour une raison ou pour une autre, la distance parcourue par le point d'application de la force compte seule pour le calcul.

Supposons, par exemple, qu'à la suite d'une fracture, un sujet ait conservé une limitation du mouvement d'abduction de l'épaule.

L'angulation possible, relevée au rapporteur, correspond à 60° . Le bras du blessé, dont la taille est de 1 m. 70, mesure 0 m. 77 de longueur ainsi que nous l'indiquent les tables.

Pour un sujet de 70 kgr., nous trouvons également dans la table de l'équivalence du poids des membres que celle-ci est de 2 kgr. 100. Le rapporteur à index nous indique encore que le déplacement d'un tel levier de 0 m. 77 à une angulation de 60° , représente un chemin parcouru verticalement de 0 m. 37.

Appliquons maintenant la formule du travail, et nous dirons que le travail fourni par les muscles abducteurs dans les limites indiquées est égal à :

$$2 \text{ kgr. } 100 \times 0 \text{ m. } 37 = 0,78 \text{ kgm.}$$

Prenons alors, comme test comparatif, la valeur du travail que ces mêmes muscles auraient fourni dans le cas supposé d'une articulation libre.

La force F ne change pas.

Admettons que l'abduction normale du bras soit de 90° . Dans ce cas, le chemin parcouru est égal à la longueur du levier, soit 0 m. 77. Le travail sera donc de :

$$2 \text{ kgr. } 100 \times 0 \text{ m. } 77 = 1,6 \text{ kgm.}$$

Rapprochons ces résultats. Il ressort, à première vue, une différence notable dans les deux valeurs de travail. Elles donnent une idée de grandeur de la déficience fonctionnelle du bras.

Nous pouvons l'évaluer. Utilisons pour cela la formule de déficience :

$$\theta = 100 - \left(\frac{100 \cdot E}{N} \right) \%$$

Cela nous donne :

$$\theta = 100 - \left(\frac{100 \times 0 \text{ kgm. } 78}{1 \text{ kgm. } 6} \right) \%$$

$$\theta = 100 - 49 = 51 \%$$

Nous voyons donc que l'impotence fonctionnelle est égale à 51 % et que la valeur restante est de 49 %.

Mais nous pouvons encore simplifier ce calcul et supprimer le facteur commun aux deux termes du rapport : 2 kgr. 100 équivalence du poids du membre.

Nous avons alors :

$$\theta = 100 - \left(\frac{100 \times 0 \text{ m. } 37}{0 \text{ m. } 77} \right) = 51 \%$$

C'est ainsi que la simple connaissance de la limitation de l'abduction du bras nous permet, sans qu'il y ait lieu de faire intervenir la valeur musculaire ni même la notion de travail, de chiffrer une impotence fonctionnelle qu'il eût été impossible d'évaluer à la seule lumière de l'expérience.

DÉFICIENCE FONCTIONNELLE ET INCAPACITÉ PERMANENTE DE TRAVAIL

Mais, pour en revenir au sujet qui nous préoccupe, déficience fonctionnelle n'est pas synonyme d'incapacité de travail.

En effet, la loi du 9 avril 1898 qui prévoit une indemnité pour les accidentés du travail envisage, non de réparer le dommage physique, c'est-à-dire la déficience fonctionnelle consécutive à l'accident, mais simplement de compenser la diminution de la capacité ouvrière.

Voici d'ailleurs un passage d'un article publié dans les *Etudes et Documents du Bureau international du Travail* sur les bases de l'évaluation de l'incapacité, qui reflète bien l'esprit de la loi :

« L'incapacité strictement professionnelle s'évalue en tenant exclusivement compte des conséquences de l'accident dans la profession de la victime ; des lésions identiques peuvent produire des incapacités tout à fait différentes selon les professions. Par exemple, la perte du bras gauche, qui oblige l'ajusteur à changer de métier, est professionnellement sans gravité pour l'employé de bureau. »

Pour évaluer une incapacité de travail, il faut donc considérer un autre facteur : c'est la valeur nécessaire qu'un sujet doit posséder pour l'exercice normal de son métier.

Nous n'utilisons jamais notre richesse totale, notre 100 %. Nous ne prélevons sur nos réserves énergétiques que la part nécessaire au travail demandé. Souvent ces réserves dépassent de beaucoup les besoins, et il est fréquent de voir qu'un ouvrier, ayant perdu une certaine quantité de ses moyens physiques à la suite d'une blessure de travail, puisse encore exercer son ancien métier, ce qui prouve bien qu'il avait, avant sa déficience partielle, plus de réserves énergétiques qu'il n'était nécessaire.

De même nous utilisons rarement l'amplitude totale de nos mouvements, et beaucoup de gestes professionnels se font dans des limites d'amplitude assez restreintes. Pour nombre de métiers, il importe peu par exemple que la flexion de l'avant-bras puisse se faire à 165°, et la limitation de la flexion du genou à 120° n'apporte souvent aucune gêne sensible.

Pour utiliser pratiquement cette connaissance de la déficience d'un groupe musculaire, il faut donc savoir le minimum d'énergie ou de liberté de mouvements dont l'individu a besoin pour satisfaire aux exigences motrices de sa musculature. L'incapacité de travail sera la différence qui existe entre ce minimum et la richesse de force, c'est-à-dire la capacité restante, que possède un individu.

Dans l'expertise des accidents de travail il ne s'agit pas simplement de chiffrer une déficience fonctionnelle ; cette évaluation n'est qu'un élément du problème qui reste insoluble ou erroné sans la connaissance des valeurs énergétiques ou articu-

lares nécessaires pour une cadence et un rendement normaux. Ces valeurs sont variables pour les différents métiers. C'est ainsi que la méthode d'Energamétrie, tout en conservant une rigueur mathématique, gage de son objectivité, tient compte des conditions personnelles de vie et de la diversité des activités humaines.

La valeur nécessaire est donc la base même de l'évaluation de l'incapacité de travail.

ÉVALUATION DE LA VALEUR NÉCESSAIRE

La conception de la valeur nécessaire, envisagée pour un individu, est simple en son application, et, le plus souvent, sa recherche est facilitée par la comparaison énergamétrique avec le membre opposé.

Mais il n'en est pas de même si on veut l'appliquer à des métiers. La valeur nécessaire à l'exercice d'une profession ne peut pas être mesurée avec des appareils, ni évaluée par une vue de l'esprit.

L'étude de cette qualité conditionnelle du travail comporte l'analyse détaillée des efforts musculaires, des attitudes du corps et des membres, et de l'amplitude des déplacements des leviers humains à l'occasion des différents mouvements fonctionnels et professionnels. On comprend que ces données ne puissent être fournies que par l'observation, à la condition toutefois que les recherches soient faites à l'atelier ou sur le chantier, l'ouvrier travaillant normalement, librement, à la cadence habituelle et sans contrainte.

Après de longues et minutieuses études, notre Maître, le Docteur Bidou, a dressé un tableau des valeurs nécessaires.

En voici quelques-unes, données à titre d'exemple dans le tableau ci-après :

Prenons un autre exemple :

Un employé est victime d'un accident dont la séquelle représente une déficience musculaire de 20 %. Sa valeur restante est donc de 80 %. Nous savons que la valeur nécessaire, pour l'exercice de sa profession est de 60 %. Nous voyons que la valeur énergétique qui reste à sa disposition se chiffre par un excédent de 20 %. Ce qui veut dire que sa capacité ouvrière est au-dessus de ses besoins. Il n'a donc pas droit à une indemnité économique.

Prenons encore un exemple.

Un accidenté a conservé une limitation du mouvement de flexion de l'avant-bras sur le bras égale à 50°.

Quelle sera la diminution de la capacité de travail qui en résulte ? N'oublions pas que la flexion maxima de l'avant-bras ne dépasse pas 165°.

L'impotence fonctionnelle due à la limitation du mouvement à 50° est égale à :

$$100 - \left(\frac{100 \times 50^\circ}{165^\circ} \right) \%$$

$$100 - 30 = 70 \%$$

L'impotence fonctionnelle étant égale à 70 %, la valeur restante est de 30 %, et, la valeur nécessaire ayant été déclarée de 60 %, nous dirons que l'incapacité de travail est égale à :

$$60 - 30 = 30 \%.$$

Pour beaucoup de métiers manuels où la valeur nécessaire est de 90 %, l'incapacité de travail serait de :

$$90 - 30 = 60 \%$$

On comprend aisément qu'un ouvrier, atteint d'une telle incapacité, puisse difficilement par la suite exercer un de ces métiers.

VALEUR NÉCESSAIRE ET RECLASSEMENT PROFESSIONNEL

Lorsque le taux de l'incapacité permanente partielle est définitivement établi et que le problème de la compensation matérielle à allouer à l'accidenté se pose, on doit se demander s'il ne serait pas possible de modifier le second facteur de l'équation : valeur nécessaire (V. N.) puisqu'il n'y a plus moyen de modifier le premier : valeur restante (V. R.).

Supposons en effet le cas d'un blessé dont l'amplitude du mouvement d'abduction du bras se trouve définitivement limitée à 60° , et admettons que la valeur nécessaire dont il avait besoin pour l'exercice de sa profession était de 90 %.

Nous voyons que, d'après la formule de déficience, l'impotence fonctionnelle qui en résulte est égale à 52 %.

La valeur restante est donc de 48 %, et l'incapacité de travail devrait être évaluée à : $90 - 48 = 42$ %.

Il est hors de doute qu'il y aurait grand avantage à réadapter cet ouvrier à une spécialité aussi proche que possible de sa profession première, spécialité dont la valeur nécessaire ne serait plus égale à 90 %, mais à 50 %. Dans ces conditions, il retrouverait un gain égal à celui qu'il touchait avant l'accident. Il

perdrait, il est vrai, le droit à sa rente, mais nous savons qu'elle est minime et insuffisante pour ses besoins et ceux de sa famille.

Nous voyons d'ailleurs cette thèse soutenue dans les *Etudes et documents du Bureau international du Travail* dont nous relevons quelques passages caractéristiques :

« Le législateur a estimé que le travailleur, victime d'un accident, a le devoir d'utiliser toutes les possibilités d'activité qui lui restent, même s'il doit changer de métier... »

Les conséquences de l'accident ne sont pas estimées en tenant compte d'une profession, mais des possibilités raisonnables d'activité que le marché de la main-d'œuvre peut offrir à la victime, en tenant compte de la nature et de la gravité de l'infirmité dont elle a été atteinte, de sa vie professionnelle antérieure, de son âge, et de tous autres éléments susceptibles de conditionner le reclassement d'un individu dans le monde du travail. »

Mais ce reclassement doit se faire selon une méthode rationnelle et non être abandonné à l'empirisme.

Il faut préalablement établir les fiches énergamétriques des ouvriers à réadapter, mesurer leurs valeurs musculaires restantes, chiffrer leurs possibilités et ne pas se contenter d'un simple coup d'œil et de l'évaluation assurément trop grossière que peut dicter l'inspiration d'un praticien même exercé.

La comparaison de ces fiches avec la table des

valeurs nécessaires de différents métiers permet un classement presque automatique et qui, à coup sûr, ne donnera pas de désillusions, évitera le bricolage dispendieux ou le mauvais rendement d'ouvriers physiquement inférieurs à leur tâche ou obligés, à cause d'une déficience, de truquer leurs attitudes et leurs gestes professionnels.

Que faire, par exemple, d'un ancien tourneur qui, à la suite d'un accident, conserve une déficience fonctionnelle des membres inférieurs égale à 50 %, ce qui lui interdit de reprendre sa spécialité ? En consultant la table des valeurs nécessaires nous voyons que le métier de soudeur autogène lui conviendrait parfaitement et que sa parapésie ne diminuerait en rien son rendement.

Comment réadapter cette ouvrière qui, victime d'une fracture de la tête humérale, conserve une limitation de l'abduction du bras gauche ? La même table nous indique qu'elle pourrait, sans inconvénient, devenir couturière, confectionneuse ou cardeuse à la machine.

On comprend ainsi que l'évaluation précise de la valeur restante d'un individu et celle de la valeur nécessaire pour l'exercice d'un métier déterminé soient d'une importance primordiale et qu'il serait souhaitable de s'en inspirer pour le reclassement professionnel.

Energamétrie et blessures de guerre.

Nous n'avons envisagé jusqu'à présent que l'évaluation de l'incapacité permanente partielle résultant des accidents de travail.

Mais la méthode d'énergamétrie est aussi susceptible d'un large emploi pour le calcul du dommage causé par les blessures de guerre. Elle formerait une base solide d'appréciation, supprimerait les hésitations des experts et, par son infaillible justice, couperait court aux nombreuses réclamations des victimes.

A la vérité, l'application en serait parfois plus difficile. Les accidents de travail, en effet, portent presque toujours sur un membre, et, si beaucoup de blessures de guerre peuvent leur être assimilées, beaucoup d'autres déterminent des dégâts anatomiques ou des lésions physiologiques moins bien systématisées. Si les troubles moteurs, qu'ils soient d'origine centrale ou périphérique sont susceptibles d'une évaluation objective, il n'en est pas de même des troubles sensitifs ou des désordres physiologiques que peuvent provoquer, par exemple, les plaies pénétrantes de poitrine ou d'abdomen.

Mais cette restriction ne doit cependant pas faire rejeter le progrès que constitue la méthode d'énergamétrie.

CONCLUSIONS

L'énergamétrie est une méthode scientifique d'évaluation du travail humain.

Elle nous permet d'évaluer une impotence fonctionnelle et de la soigner grâce au contrôle précis des résultats obtenus et des progrès réalisés, prouvant ou non l'efficacité d'un traitement, dictant ainsi la marche thérapeutique.

Notons que si, dans ce travail, nous avons envisagé son application aux seules impotences d'origine accidentelle, elle s'applique tout aussi bien aux impotences d'origine pathologique. Elle est la base indispensable sur laquelle doit se fonder toute rééducation motrice et toute récupération fonctionnelle.

Elle nous permet ensuite d'évaluer avec précision l'I. P. P. résultant d'un accident de travail ou de voie publique. Elle donne ainsi à l'arbitre ou à l'expert le moyen de fixer un pourcentage d'indemnité et de donner en toute tranquillité d'esprit un avis juste et ferme.

Elle permet de traiter en connaissance de cause le problème de la réadaptation ouvrière, de dire si une

I. P. P. interdit ou non la reprise du travail antérieur.

Et la connaissance précise des valeurs nécessaires à l'exercice d'un métier et de la valeur restante d'un accidenté permettra enfin d'aborder rationnellement ce problème d'un intérêt général évident : le reclassement professionnel.

Vu : le Président de la thèse,
LAIGNEL-LAVASTINE.

Vu : le Doyen,
M. TIFFENEAU.

Vu et permis d'imprimer :
le Recteur de l'Académie de Paris,
G. ROUSSY.

57. — Imp. de la Fac. de Méd., Jouve et C^{ie}, 15, rue Racine, Paris. — 2-1940
